Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada
Sciences | Science

**S C C S** | **C S A S**

**Secrétariat canadien de consultation scientifique** | **Canadian Science Advisory Secretariat**

**Document de recherche 2009/104** | **Research Document 2009/104**

# Zones d'importance écologique et biologique dans le golfe du Saint-Laurent : zooplancton et production secondaire

# Ecologically and biologically significant areas in the Gulf of St. Lawrence: zooplankton and secondary production

Stéphane Plourde et Ian McQuinn

Direction des sciences océaniques et environnementale
Institut Maurice-Lamontagne
Pêches et Océans Canada
C.P. 1000
Mont-Joli, QC
G5H 3Z4

La présente série documente les fondements scientifiques des évaluations des ressources et des écosystèmes aquatiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon les échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

This series documents the scientific basis for the evaluation of aquatic resources and ecosystems in Canada. As such, it addresses the issues of the day in the time frames required and the documents it contains are not intended as definitive statements on the subjects addressed but rather as progress reports on ongoing investigations.

Les documents de recherche sont publiés dans la langue officielle utilisée dans le manuscrit envoyé au Secrétariat.

Research documents are produced in the official language in which they are provided to the Secretariat.

Ce document est disponible sur l'Internet à:

This document is available on the Internet at:

http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas/

ISSN 1499-3848 (Imprimé / Printed)
ISSN 1919-5044 (En ligne / Online)
© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2010
© Her Majesty the Queen in Right of Canada, 2010

Canada

**La présente publication doit être citée comme suit :**

Plourde, S. et McQuinn, I.A. 2010. Zones d'importance écologique et biologique dans le golfe du Saint-Laurent : zooplancton et production secondaire. Secr. can. de consult. sci. du MPO Doc. de rech. 2009/104. iv + 27 p.

## RÉSUMÉ

Ce document de recherche présente les zones d'importance (ZI) écologique et biologique candidates identifiées pour le zooplancton (biomasse, indice de production secondaire) dans le golfe du Saint-Laurent (GSL). Les régions présentant une forte biomasse pour trois classes de tailles ou groupes de zooplancton (méso-zooplancton <1 mm et >1 mm, macro-zooplancton) ainsi qu'un indice élevé de production secondaire estimé par la production d'œufs des espèces dominantes de copépodes ont été déterminées à partir de données spatiales récoltées en 1999-2000 et 2005. De plus, des résultats d'une simulation réalisée avec un modèle couplé biologie-physique en 3 dimensions du copépode *Calanus finmarchicus* (1999) et de relevés hydroacoustiques effectués en 2005 sont utilisés pour palier au manque d'information. Douze ZI ont été identifiées, l'estuaire maritime, la région septentrionale du nord-ouest du GSL, le courant de Gaspé, la région côtière du sud-ouest du GSL (incluant la Baie-des-Chaleurs), la zone de turbidité maximale (estuaire moyen) et la région localisée au large de la pointe est de la péninsule gaspésienne et à l'entrée de la Baie-des-Chaleurs étant les plus importantes. Cependant, comme ces ZI correspondent généralement aux régions les mieux échantillonnées, nous recommandons une utilisation prudente de cette information et proposons des actions visant à remédier aux inconvénients résultants des données actuellement disponibles.

## ABSTRACT

This research document presents candidate ecologically and biologically significant areas (SA) for zooplankton (biomass, indices of secondary production) in the Gulf of St. Lawrence. Areas characterized by greater biomass of three distinct size classes/groups of zooplankton (mesozooplankton <1 mm et > 1 mm, macrozooplankton) and by a high index of secondary production estimated from the egg production of adult females of dominant copepod species have been determined using spatial data collected in 1999-2000 and 2005. Additionally, results from a 3-D coupled biological-physical model of the copepod *Calanus finmarchicus* ran for the year 1999 and acoustic data collected in 2005 are used to complete the information. Twelve SA have been identified, with the lower estuary, the northern area in the northwest GSL, the Gaspé Current, the coastal area in the southern GSL (including the Baie-des-Chaleurs), the Maximum Turbidity Zone (middle estuary), and the region extending from the tip of the Gaspé Peninsula into the outer Baie-des-Chaleurs being the most important SA. However, recognizing that these SA correspond to regions that have been better sampled, we recommend that this information should be carefully used and provide recommendations for future work.

## INTRODUCTION

La *Loi sur les Océans* du Canada autorise le ministère des Pêches et des Océans (MPO) à implanter des mesures de protection des zones marines et côtières qui représentent une importance biologique et écologique particulière. Le présent rapport a pour objectif l'identification des zones candidates d'importance biologique et écologique (ZI) en régions hauturières (régions avec une profondeur excédant environ 25 m) pour le zooplancton dans le golfe du Saint-Laurent (GSL). Ces informations sur le zooplancton s'ajoutent à diverses couches d'informations comme les conditions et processus physiques (Gilbert et al. non-publié), la production primaire (Lavoie et al. 2007), l'ichtyoplancton (Ouellet 2007), les poissons pélagiques (McQuinn et al. non-publié), les poissons démersaux du nord (Castonguay et Valois 2007) et du sud du Golfe (Swain & Benoît 2007), les organismes benthiques (Chabot et al. 2008) et les mammifères marins (Lesage et al. 2007).

De par sa nature, le zooplancton subit l'effet du transport par les courants et sa répartition spatiale est donc sujette à de fortes variations observables à différentes échelles spatiales et temporelles. Des données historiques et des suivis saisonniers à des stations particulières remontant à plus de 40 ans ont servi à l'identification de grandes régions biologiques du GSL à partir des patrons saisonniers de la biomasse du plancton (de Lafontaine et al. 1991). Cependant, l'information acquise récemment dans le cadre du Programme de Monitorage de la Zone Atlantique (PMZA, Harvey et Devine 2007) récoltée sur un réseau de quelques stations fixes (4) et sur des lignes de stations deux fois par année (été et automne) sont inadéquates pour un exercice visant la définition des composantes spatiales comme celui des ZI. Les seules données décrivant la répartition spatiale du zooplancton sont pour l'estuaire et le nord-ouest du GSL à l'automne (Harvey et Devine 2007) et le sud-ouest du GSL en juin (Castonguay et al. 1998, Castonguay et al. 2008). Ce manque d'information adéquate sur la répartition spatiale du zooplancton dans plusieurs régions du GSL a motivé le financement de l'analyse d'échantillons récoltés lors de différentes missions d'opportunités à la fin des années 1990 et entre 2000 et 2005 (voir section Méthodes). Cette analyse a permis l'acquisition rapide de données de biomasse du zooplancton, effort qui demeure toutefois très limité à cause des contraintes financières. Ainsi, l'information acquise a été complétée par des données acoustiques et produites par un modèle couplé en 3-D du copépode *Calanus finmarchicus*, une espèce dominante dans le système du GSL (voir section Méthode, de Lafontaine et al. 1991, Plourde et al. 2001, 2002, Harvey et Devine 2007). Finalement, une des zones identifiées (ZI-5 : zone de turbidité maximum) est basée uniquement sur l'information disponible dans la littérature, le MPO n'échantillonnant pas dans cette région.

Pour définir les ZI, nous nous sommes inspirés de l'approche recommandée dans MPO (2004) en utilisant les dimensions d'unicité, de concentration, de conséquence sur la valeur adaptative, de résilience et de sensibilité aux perturbations naturelles afin d'identifier des ZI et d'en d'évaluer l'importance écologique et biologique.

## MÉTHODES

### SOURCES DE DONNÉES

Les échantillons et les données inclus dans ce travail ont été sélectionnés afin d'optimiser la couverture spatiale et de minimiser les biais reliés aux différents engins d'échantillonnage afin d'obtenir des données aussi comparables que possible pour l'ensemble des régions couvertes. Ainsi, nous avons considéré des données historiques (échantillons déjà analysés) provenant des programmes d'échantillonnage suivants réalisés en 1999, 2000 et 2005 (Figure 1) :

1) évaluation de la biomasse du zooplancton dans l'estuaire et le nord-ouest du GSL en septembre (1999, 2000) ou en novembre (2005) avec l'échantillonneur multiple BIONESS (Harvey et Devine 2007) ;

2) évaluation du stock du maquereau dans le sud-ouest du GSL en juin 1999 et 2000 avec un filet de type BONGO (Castonguay et al. 2008) ;

3) relevés de l'ichtyoplancton dans le nord du GSL autour de l'île d'Anticosti en juin 2005 avec un filet BONGO ;

Une analyse d'échantillons additionnels a été supportée dans le cadre du présent exercice afin d'obtenir de l'information complémentaire tant au niveau spatial qu'interannuel. Ainsi, des échantillons récoltés à l'aide du BIONESS en juin 1999 et 2000 dans le cadre du projet 'Climat-Sébaste' dans le centre et le nord-est du GSL et d'autres récoltés avec un filet BONGO en juin 2005 dans le sud-ouest du GSL on été analysés pour le présent exercice (Figure 1). L'amalgame de ces données récoltées à différents moment de l'année en 1999, 2000 et/ou 2005 est la seule approche permettant une couverture spatiale satisfaisante du GSL (Figure 1). Seules les stations échantillonnées sur toute la colonne d'eau avec des filets à plancton avec un vide de maille 333-µm ont été considérées.

Un modèle couplé bio-physique de *Calanus finmarchicus* a été utilisé afin de décrire la répartition spatiale de cette espèce clé de l'écosystème du Saint-Laurent (voir détails dans Zakardjian et al. 2003, Maps 2009). Ce modèle en 3-dimensions simule en mode eulérien la reproduction, le développement, les migrations verticales, la mortalité et l'abondance de tous les stades de développement en relation avec les champs de température, de nourriture et de courants fournis par un modèle bio-physique de type Nutriments-Phytoplancton-Zooplancton (NPZ) (Saucier et al. 2003, Le Fouest et al. 2006, Lavoie et al. 2007). Utilisant *C. finmarchicus* comme espèce modèle active durant la période printemps-été-automne, la simulation pour l'année 1999 sert à identifier les régions potentielles d'accumulation et de production de zooplancton dans le GSL.

### DONNÉES ACOUSTIQUES

Les données acoustiques ont été récoltées en continu à l'aide un système à deux fréquences (38 et 120 kHz) lors de deux missions multidisciplinaires sur le NGCC Teleost dans le nord (août) et le sud-ouest (septembre) du GSL en 2005. L'échosondeur (Simrad EK500) a été calibré à l'aide d'une sphère standard et des données de rétrodiffusion acoustique numérisées ont été récoltées dans le format HAC (McQuinn et al. 2005) pour leur analyse subséquente.

Les échogrammes ont été initialement traités pour soustraire les signaux non-biologiques dans la couche de profondeur échantillonnée, i.e. la zone pélagique entre 10 et 175 m (ou le fond dans les zones moins profondes). Les signaux non-biologiques incluent le bruit de surface (bulles d'air, etc...), les interférences provenant d'autres équipements électroniques embarqués, l'activité géologique (plumes de méthane), etc. La détection automatique du fond de l'échosondeur a également été vérifiée et ajustée si nécessaire pour éviter le signal du fond et le bruit générés par les lobes secondaires.

Le volume de rétrodiffusion acoustique (Sv) a été classifié comme étant du 'plancton' ou du 'poisson' selon la méthode des 'différences de dB'. Selon cette méthode, la différence de l'amplitude du signal dB (120-38) est calculée et les valeurs de $Sv_{120-38}$ supérieures et inférieures à deux dB sont classifiées comme 'plancton' et 'poisson' respectivement. Même si cette méthode assume que la majorité des signaux $Sv_{120-38}$ sont dans ces deux catégories générales, les poissons sans vessie natatoire et le zooplancton avec des inclusions gazeuses seraient classifiés respectivement comme 'plancton' et 'poissons', un biais jugé toutefois mineur à l'échelle du GSL. La rétrodiffusion acoustique à 120 kHz entre 10 et 175 m dans le GSL est dominée par quelques espèces de macro-zooplancton majoritairement des euphausides (*Meganyctiphanes norvegica*, *Thysanoessa raschii*, *T. inermis*) et de méso-zooplancton (*Calanus hyperboreus*, *C. finmarchicus*).

Tous les $Sv_{120-38}$ classifiés comme 'plancton' ont été intégrés verticalement sur la colonne d'eau (10-175 m) en unités de surface de rétrodiffusion et interpolés horizontalement par krigeage pour produire des cartes de distribution spatiale de densité de rétrodiffusion (*Sa*) en unités de dB (échelle log).

## ANALYSE D'ÉCHANTILLONS ET TYPE DE DONNÉES

La biomasse sèche (g $m^{-2}$) est utilisée comme unité standard afin de décrire la répartition spatiale du zooplancton dans le GSL. La biomasse de trois catégories de zooplancton a été déterminée sur les échantillons analysés durant l'été 2006 afin de compléter l'information nécessaire au présent exercice. Ce protocole représente en fait la combinaison de deux protocoles existants spécifiques à des programmes d'échantillonnage et projets de recherches (voir Runge et al. 1999, Ringuette et al. 2002; Castonguay et al. 2008, Harvey et Devine 2007 pour détails méthodologiques). Ces trois classes de tailles et/ou groupes fonctionnels permettent d'obtenir de l'information potentiellement importante pour différents niveaux trophiques supérieurs :

1) Le petit (<1 mm) méso-zooplancton comprend principalement les petites espèces de copépodes du genre *Acartia*, *Pseudocalanus*, *Temora* et *Oithona* ainsi que les jeunes stades de développement copépodites C1-3 des espèces du genre *Calanus* (Figure 2). Ce groupe est important pour l'alimentation des stades larvaires de plusieurs espèces d'invertébrés et de poissons. Bien que leur abondance soit sous représentée dans nos résultats (les organismes de moins de 1 mm étant fortement sous-échantillonnés par les filets de maille 333-µm; Nichols & Thompson 1991), la biomasse de zooplancton est principalement déterminée par l'abondance méso-zooplancton >1 mm. Toutefois, il faut quand même considérer l'information présentée comme étant semi-quantitative et permettant d'identifier des zones montrant une communauté de petit méso-zooplancton (<1mm) plus importante par rapport au reste du GSL.

2) Le grand (>1 mm) méso-zooplancton est très fortement dominé par les stades copépodites C4-6 des espèces du genre *Calanus*. Ce groupe est très important pour l'alimentation des stades juvéniles et adultes d'espèces de poissons pélagiques (ex : lançon, capelan, hareng, maquereau), et de quelques oiseaux et mammifères marins (ex : baleine franche) (Figure 3). De part la forte abondance et la taille relativement grande de ce groupe, le méso-zooplancton >1 mm représente le principal contributeur de la biomasse de zooplancton dans son ensemble.

3) Le macro-zooplancton (organismes autres que les copépodes >5 mm) est une classe fortement dominée par le krill et les mysidacés mais qui comprend également les amphipodes, les chaetognathes, et divers organismes gélatineux. Ce groupe, particulièrement le krill qui en est la composante principale (Harvey & Devine 2007), est important pour l'alimentation de plusieurs espèces de poissons pélagiques, d'oiseaux et de mammifères marins (Figure 4). Par contre, le krill serait parfois sous-échantillonné par les engins utilisés (Simard et Sourisseau 2009, St-Pierre & McQuinn non-publié). Donc, il faut considérer l'information présentée avec précaution et l'utiliser de manière semi-quantitative afin d'identifier des zones montrant une communauté de macro-zooplancton plus importante relativement au reste du GSL.

Cependant, l'absence d'un protocole standard comme celui appliqué dans le cadre de ce travail pour l'analyse des échantillons historiques de zooplancton a engendré certaines disparités dans les caractéristiques des données disponibles. Un effort particulier a été investi afin de suppléer à certaines de ces lacunes. Dans le cadre de l'évaluation du stock de zooplancton dans l'estuaire et le nord-ouest du GSL, seule la biomasse totale du méso-zooplancton a été estimée de 1994 à 2005 (Harvey 2007); ces données sont donc présentées dans la catégorie méso-zooplancton >1 mm ce qui résulte en l'absence de données mézo-zooplancton <1 mm dans cette région (Figure 2). Dans les échantillons du sud-ouest du GSL de 1999 et 2000 ainsi que du nord du GSL (Anticosti) de 2005, la biomasse du méso-zooplancton >1 mm comprenait également le macro-zooplancton, les organismes de cette catégories ayant été seulement identifiés et dénombrés dans les échantillons du sud-ouest du GSL. L'analyse détaillée des échantillons du sud-ouest du GSL de 2005 a permis de corriger les données de 1999 et 2000 de cette région. Nous avons en effet utilisé le nombre d'individus et la biomasse totale de chaque groupe de macro-zooplancton en 2005 afin d'obtenir un poids moyen par individu. Ce poids moyen a par la suite été combiné à l'abondance des différents groupes de macro-zooplancton aussi disponibles en 1999 et 2000 afin d'estimer la biomasse totale de macro-zooplancton, valeur qui a été soustraite de la biomasse du grand (>1 mm) zooplancton. L'absence d'une telle analyse détaillée dans le nord du GSL (Anticosti) résulte en l'absence de données sur le macro-zooplancton dans cette région (Figure 4). Finalement, dans le cas où la masse humide était mesurée, un facteur de correction a été appliqué afin de transformer les données en masse sèche (0.87, S. Plourde données non-publiées).

L'abondance des copépodes femelles (C6f) étant disponible dans la base de données historique du sud-ouest du GSL en 1999 et 2000, nous avons complété cette information en analysant des échantillons BONGO du sud-ouest et du nord du GSL (Anticosti) récoltés en 2005. Ces données ont permis de calculer la production d'oeufs des copépodes dans ces deux régions, un indice de production et de disponibilité des proies potentielles des larves de poissons. L'intensité de la reproduction (ou indice de production secondaire) est exprimée en milligrammes de carbone produit chaque jour

(mg C $m^{-2}$ $j^{-1}$) en combinant l'abondance des C6f, un taux de production d'œufs et la masse en carbone des œufs des différentes espèces dominantes dans le GSL durant les périodes considérées : *Calanus finmarchicus*, *Pseudocalanus* spp, *Temora longicornis*, *Oithona similis* (voir Ringuette et al. 2002 et Castonguay et al. 2008 pour plus de détails). Le copépode *C. hyperboreus* qui contribue significativement à la biomasse de zooplancton n'est pas inclus dans cette couche d'information puisqu'il se reproduit de décembre à mars (Plourde et al. 2003). Le manque de ressources financières a empêché la réalisation de cette analyse pour les données dans l'estuaire et le nord-ouest du GSL et le centre et le nord-est du GSL (Figure 5). Nous avons donc utilisé la simulation de 1999 effectuée avec le modèle couplé bio-physique de *C. finmarchicus* pour calculer la production d'œufs (mg C $m^{-2}$ $j^{-1}$) moyenne de *C. finmarchicus* en juin et septembre afin entre autres de suppléer au manque d'information dans ces régions (Figures 6-8).

Les différents types de données et informations ayant contribué à la détermination des ZI sont présentées au Tableau 1. Les ZI ont été identifiées en utilisant les dimensions d'unicité, de concentration, de conséquence sur la valeur adaptative, de résilience et de sensibilité aux perturbations naturelles. Il est à noter que la dimension 'conséquence sur la valeur adaptative' intègre autant les processus biologiques (ex : reproduction, hivernation) que l'importance des ZI pour la dynamique du zooplancton à l'échelle de l'ensemble du golfe du Saint-Laurent.

## REPRÉSENTATION DES DONNÉES

Les données sont présentées en quartiles, 0-25%, 26-50%, 51-75% et 76-100% afin de bien représenter les zones de différents niveaux de biomasse et de production secondaire. Pour le modèle bio-physique de *C. finmarchicus*, la biomasse (g C $m^{-2}$), calculée à partir de l'abondance de chaque stade de développement et de leur masse spécifique (Campbell et al. 2001) a été moyennée pour les mois de juin et septembre 1999 afin de produire des cartes de répartition spatiale (Figures 9-10). Les données acoustiques d'août et septembre 2005 sont représentées en 'densité acoustique' intégrée sur la colonne d'eau exprimée en $dB(S_a)$ en échelle log afin de mieux correspondre aux données représentées en quartiles (sorte de lissage des répartition spatiales) (Figure 11). Parce que différentes unités sont utilisées et qu'il manque de données permettant leur calibration par rapport aux données traditionnelles de biomasse de zooplancton, l'information issue du modèle et de l'acoustique a été considérée comme semi-quantitative. De par l'absence d'une description de la répartition spatiale adéquate du zooplancton dans le GSL, elles représentent toutefois une source d'information primordiale pour plusieurs zones d'intérêt (voir ci-dessous). Les ZI ont été tracées à l'aide du logiciel ArcView (Figure 2).

# RÉSULTATS ET DISCUSSION

Dans l'ensemble, le petit (<1 mm) et le grand (>1 mm) méso-zooplancton représentaient respectivement 4% et 83% de la biomasse totale, alors que 13% de la biomasse était constituée de macro-zooplancton. Comme mentionné préalablement, bien que la proportion de méso-zooplancton <1 mm et de macro-zooplancton sont probablement sous-estimées, l'importance générale du grand (>1 mm) méso-zooplancton dans la biomasse suggère que ces proportion seraient quand même représentative de la

composition générale du zooplancton. De plus, cette composition varie probablement de manière importante dépendamment des régions du GSL.

L'examen de l'ensemble des données de zooplancton a permis l'identification de 12 zones d'intérêt (ZI) potentiellement d'importance biologique et écologique. Les différentes ZI ont été identifiées selon le pointage obtenu (poids : 1 = faible; 2 = moyen ou manque d'information; 3 = fort) pour les cinq critères d'évaluation considérés (Tableau 1). Une approche de précaution a été adoptée autant que possible en donnant au manque d'information un poids moyen (2). Un résumé des caractéristiques des différentes zones identifiées est présenté au Tableau 1. *Il est très important de noter que les limites géographiques sont approximatives et sujettes à des variations saisonnières et interannuelles causées par la variabilité naturelles des processus physiques et biologiques les définissant.* Ces ZI sont représentées à la Figure 2.

ZI-1 : Estuaire maritime (**cote= 14**)

L'estuaire maritime présente de fortes profondeurs (chenal Laurentien) avec un régime de circulation et une topographie favorisant l'accumulation de méso-zooplancton >1 mm et de macro-zooplancton (surtout en automne et en hiver) (Figures 4-5). Des remontées d'eau riche en éléments nutritifs supportent généralement une forte production primaire et secondaire (du printemps à l'automne). De par sa situation à l'extrémité ouest du GSL (amont) et la circulation résiduelle de surface vers l'aval, cette zone influence les régions limitrophes localisées en aval durant la présence de la majorité de la biomasse de zooplancton en surface au printemps et à l'été (Zi 2-3-4, voir ci-dessous). L'estuaire maritime représente probablement un habitat important pour l'hivernation en profondeur des espèces de mézo-zooplancton >1 mm (*C. finmarchicus* et *C. hyperboreus* ; Plourde et al. 2001, Plourde et al. 2003) en agissant comme une pompe qui accumule les animaux en hivernation qui seront ensuite majoritairement exportés vers les régions situées en aval le printemps suivant (forte valeur adaptative) (Plourde & Runge 1993, Maps 2009). La biomasse relative du macro-zooplancton (krill) dans l'estuaire maritime par rapport au reste du GSL demeure par contre inconnue.

L'absence d'information à propos du méso-zooplancton <1 mm ne devrait pas représenter un impact majeur de par l'importance de cette zone et la faible abondance en général des petites espèces de copépodes dans la région à cause de la circulation résiduelle de surface vers l'aval (Runge & Simard 1990, Plourde et al. 2002). Il faut toutefois noter qu'un échantillonnage en automne puisse amener une surestimation de la biomasse de zooplancton relativement aux autres régions parce que l'abondance des espèces de *Calanus* augmente généralement du printemps à l'automne dans la région (Plourde et al. 2001, Plourde et al. 2002, Plourde et al. 2003).

ZI-2 : Nord-ouest du GSL (**cote = 13**)

La ZI-2 est une zone d'accumulation, de transport et de forte production du zooplancton. Cette zone englobe la gyre d'Anticosti ainsi que sa marge septentrionale. Les données obtenues avec le modèle couplé bio-physique et l'hydroacoustique suggèrent que la marge nord de la gyre d'Anticosti pourrait être importante pour le grand méso-zooplancton (>1 mm) et le macro-zooplancton (possiblement le krill). Cette zone semble importante (forte valeur adaptative) pour le maintien et la rétention de ces deux catégories de zooplancton dans la région ouest du GSL particulièrement tard durant

l'été et à l'automne (Figures 4-5, Figures 9-11) (Maps 2009). La modélisation suggère de fortes variations sur de petites échelles spatiales et temporelles rendant les limites géographiques de cette zone variables (voir Figures 9-10).

ZI-3 : Courant de Gaspé (**cote = 13**)

La ZI-3 est une zone d'accumulation, de transport et de forte production du zooplancton. Généralement, la biomasse de zooplancton > 1mm est plus faible dans cette zone que dans les ZI-1 et ZI-2 à cause de sa plus faible profondeur. Par contre, la ZI-3 est caractérisée par un indice élevé de reproduction du méso-zooplancton (production secondaire) typique dans le courant de Gaspé (Figures 6-8), et de fortes biomasses de macro-zooplancton, tel que suggéré par les données acoustiques (Figure 11). Le courant de Gaspé est fortement influencé par les apports provenant de l'amont (ZI-1) et représenterait une valeur adaptative élevée pour une vaste région à cause de son influence majeure sur les ZI limitrophes situées au nord (ZI-2) ou en aval (ZI-4, ZI-6, ZI-7). La modélisation suggère de fortes variations sur de petites échelles spatiales et temporelles rendant la délimitation de cette zone hasardeuse (voir Figures 9-10).

ZI-4 : Baie-des Chaleurs et région côtière du sud-ouest du GSL (**cote = 12**)

Cette zone se caractérise par un intense brassage maréal et un grand potentiel d'accumulation (production locale) probablement dû à un temps de résidence plus long et une température estivale plus élevée des eaux de surface. Cette zone est relativement unique de par les fortes biomasses de méso-zooplancton <1 mm (espèces de copépodes néritiques de petite taille comme *Pseudocalanus* et *Temora*) (Figure 3). À cause de ces fortes abondances, cette zone représente une région de forte production secondaire (indice de reproduction) du méso-zooplancton <1 mm (Figure 6). Il faut remarquer que cette zone englobe une partie de la ZI-6. Cette zone représente donc une forte valeur adaptative pour le zooplancton de petite taille dans le GSL.

La communauté de zooplancton caractérisant cette vaste zone, considérée comme unique dans le présent exercice, pourrait cependant être retrouvée dans d'autres régions plus côtières ailleurs dans le GSL et qui sont soit exclues de la présente analyse (faible profondeur) ou sous-échantillonnées.

ZI-5 : Zone de turbidité maximum (ZTM) (**cote = 12**)

Cette zone a été identifiée uniquement à partir des connaissances acquises préalablement et publiées dans la littérature scientifique. La ZTM est caractérisée par un fort brassage maréal et constitue une région de transition entre les eaux douces s'écoulant du Saint-Laurent et les eaux salées en aval qui permet l'accumulation (convergence) de différentes composantes de l'écosystème. Le zooplancton dans la Zi-5 se caractérise par une forte biomasse de méso-zooplancton <1 mm (principalement le copépode *Eurytemora affinis*) et de macro-zooplancton supra-benthique (différentes espèces de mysidacés) (Runge et Simard 1990, Laprise et Dodson 1994).

ZI-6. Pointe est de la péninsule gaspésienne et entrée de la Baie-des-Chaleurs (**cote = 11**)

Cette zone se caractérise par une topographie variable avec une région plus profonde à son extrémité nord-est. La ZI-6 présente une forte biomasse de mézo-zooplancton >1

mm, observations supportées par les données du modèle bio-physique de *C. finmarchicus* et les données acoustiques (Figure 4, 9-11). Ces dernières suggèrent également un potentiel pour retrouver une forte biomasse de macro-zooplancton (krill) dans sa section plus profonde. Les apports en provenance du courant de Gaspé (ZI-3) pourraient supporter les fortes biomasses pouvant y être rencontrées (Figures 9-10). De par sa faible profondeur comparativement au chenal Laurentien, cette zone aurait cependant une faible importance à l'échelle du GSL (valeur adaptative) pour le grand zooplancton s'y accumulant au printemps et durant l'été à cause de fortes mortalités dues à la prédation par les niveaux trophiques supérieurs.

ZI-7 : Banc Orphelin- Banc de Bradelle- Vallée de Shediac (**cote = 10**)

Cette zone se caractérise par une topographie variable et est sous l'influence majeure du courant de Gaspé (ZI-3). La ZI-7 se distingue principalement par une biomasse du mézo-zooplancton >1 mm et de macro-zooplancton relativement élevée et par une production secondaire moyenne (Figures 4, 6). De par sa faible profondeur, cette zone pourrait représenter une faible valeur adaptative (importance à l'échelle du GSL) pour le grand zooplancton à cause de fortes mortalités dues à la prédation par les niveaux trophiques supérieurs.

ZI-8 : Pente du chenal Laurentien à la marge du sud-ouest du GSL (**cote = 11**)

Cette région serait une zone de convergence (accumulation) pour le mézo-zooplancton >1 mm et le macro-zooplancton (voir Figures 4-5, 9-11). Cette zone se distingue d'autres régions ayant les mêmes caractéristiques générales (ZI-9 et ZI-10) par une forte production secondaire durant la période estivale possiblement à cause de l'apport de nutriments et de zooplancton par la branche nord-est du courant de Gaspé (Koutitonsky & Budgen 1991, Saucier et al. 2003) (Figures 6-8). La ZI-8 représente probablement un habitat important pour l'hivernation en profondeur des espèces de mézo-zooplancton >1 mm dans le centre du GSL (*C. finmarchicus* et *C. hyperboreus* ; Plourde et al. 2001, Plourde et al. 2003) et également pour le macro-zooplancton (krill) (Figure 9).

ZI-9 : Pente du chenal Esquiman (côté est) (**cote = 10**)

Cette région serait une zone de convergence (accumulation) pour le mézo-zooplancton >1 mm et le macro-zooplancton (Figures 4, 9-11). Bien qu'elle ne soit pas unique dans le GSL, cette zone représente probablement une zone importante pour l'hivernation en profondeur des espèces de mézo-zooplancton >1 mm dans le nord-est du GSL (*C. finmarchicus* et *C. hyperboreus* ; Plourde et al. 2001, Plourde et al. 2003) et également de concentration du krill, composante importante du macro-zooplancton (Figure 11).

ZI-10 : Pente du chenal Anticosti (côté nord) (**cote = 10**)

Cette région serait une zone de convergence (accumulation) pour le mézo-zooplancton >1 mm et le macro-zooplancton (Figures 10-11). Comme pour la ZI-9, cette zone n'est pas unique dans le GSL mais représente probablement un habitat important pour l'hivernation en profondeur des espèces de mézo-zooplancton >1 mm dans le nord du GSL (*C. finmarchicus* et *C. hyperboreus* ; Plourde et al. 2001, Plourde et al. 2003) et de concentration du macro-zooplancton (krill) (Figure 11).

ZI-11 : Vallée du Cap Breton (**cote = 9**)

Cette zone correspond à une région de transition entre le sud-ouest du GSL et le Chenal Laurentien avec une dépression bathymétrique (vallée) s'étendant jusque dans le détroit de Cabot. Bien que fragmentaire, l'information disponible suggère que cette zone pourrait favoriser l'accumulation d'une biomasse élevée de mézo-zooplancton >1 mm et de macro-zooplancton (Figures 9-11). Cependant, cette zone pourrait représenter une faible valeur adaptative pour le grand zooplancton à cause de fortes mortalités dues à la prédation par les niveaux trophiques supérieurs. Il est à noter que cette zone chevauche une partie de la ZI-4.

ZI-12 : Zone côtière de la moyenne et basse côte nord (**cote = 8**)

Cette zone est une région de remontées d'eau (upwelling) principalement durant l'été et l'automne. Bien qu'uniquement basée sur les résultats du modèle couplé bio-physique de *C. finmarchicus* (Figures 7-10), cette zone pourrait être importante pour soutenir une forte production secondaire dans le nord et nord-est du GSL en été et à l'automne, une portion du GSL présentant une faible production biologique dans ses régions hauturières durant ces périodes (de Lafontaine et al. 1991, Le Fouest et al. 2006, Lavoie et al. 2007).

**Caractéristiques naturelles (sensibilité aux perturbations)**

Dans l'ensemble, l'absence d'exploitation commerciale du zooplancton résulte en une faible sensibilité du zooplancton à l'activité humaine directe. Cette composante de l'écosystème pourrait surtout être affectée par les changements climatiques. Par contre, certaines ZI localisées dans le nord-ouest (ZI-1, ZI-2) et le nord-est (ZI12, ZI-10) pourraient avoir subi (ou subiront) des impacts cumulatifs reliées à la gestion des niveaux d'eau du Saint-Laurent (voie maritime) et au développement hydro-électrique. Toutefois, le manque de connaissances sur ces deux aspects nous empêche de mieux identifier et quantifier ces effets.

## CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Ce travail, bien que basé sur des données partielles et incomplètes, a néanmoins permis d'identifier 12 ZI potentielles pour le zooplancton dans le GSL. Il faut toutefois être conscient des limitations inhérentes aux données qui ont servies à les déterminer ainsi qu'à la nature même du zooplancton.

Le zooplancton est par définition sujet au transport par les courants. Bien que des patrons récurrents de circulation soient connus pour le GSL comme le courant de Gaspé et la gyre d'Anticosti (Koutitonsky & Budgen 1991, Saucier et al. 2003), ces patrons de circulation présentent des variations spatio-temporelles à différentes échelles rendant la détermination de frontières géographiques des ZI très hasardeuses. Il est indéniable que la taille et la position de la plupart des ZI identifiées dans ce travail peuvent varier aux échelles saisonnières et interannuelles.

La biomasse de zooplancton évolue avec les saisons en réponse au forçage physique (température, patrons de circulation) et biologique (disponibilité de nourriture, croissance, mortalité, saisonnalité du cycle de vie) (de Lafontaine et al. 1991, Plourde et

al. 2001, Maps 2009). L'hétérogénéité des données disponibles dans les différentes régions engendre certainement un biais dans la représentation spatiale de la biomasse du zooplancton et dans la détermination des ZI. Une attention particulière doit être apportée à ces limitations afin d'éviter une utilisation trop stricte des ZI.

Des régions du système estuaire du Saint-Laurent et du GSL sont fortement sous-échantillonnées au niveau spatial. Le zooplancton n'est pratiquement jamais échantillonné dans le centre du GSL (où une ligne de stations est maintenant échantillonnée dans le cadre du PMZA depuis 2003) ainsi que dans l'extrême nord-est du GSL (fausse de Mécatina, tête du chenal Esquiman vers le détroit de Belles-Iles) (Figure 1). De manière similaire, peu d'échantillonnages ont été réalisés dans l'estuaire moyen du Saint-Laurent de l'embouchure du Saguenay jusqu'à l'Île d'Orléans.

Trois recommandations résultent de la réflexion qui a été nécessaire afin d'atténuer les différents problèmes reliés à l'hétérogénéité des échantillons (type d'engin, périodes, maillage des filets utilisés) et des données (protocole d'analyse) utilisées comme source d'information pour le présent exercice. Ces recommandations apparaissent nécessaires afin de parfaire nos connaissances sur la répartition spatiale du zooplancton ainsi que sa variabilité spatio-temporelle, deux éléments importants dans la livraison d'avis scientifiques en relation avec la gestion de nos océans :

- Il est nécessaire de réaliser un échantillonnage spatial synoptique (période de temps la plus courte possible) du zooplancton dans le GSL afin de pouvoir obtenir des données systématiques et cohérentes. L'utilisation d'un type de filet et du protocole d'échantillonnage du PMZA (0.75 m de diamètre, 200-µm de vide de maille) jumelé à l'acoustique active apparaît l'approche optimale. Ainsi, cette information pourrait être complétée par les données récoltées aux stations fixes et sur les transects du PMZA.

- Il est nécessaire d'utiliser un protocole standard d'analyse des échantillons de zooplancton pour le traitement de tous les échantillons récoltés lors des missions de base et d'opportunité. L'application d'un tel protocole assurerait l'obtention de données standards comparables entre les projets ou opportunités d'échantillonnage. Le manque de données homogènes dans les banques de données du MPO diminue fortement leur valeur et utilité. Il est primordial de supporter ce genre d'effort dans l'avenir.

- Le MPO devrait prioriser l'échantillonnage des régions sous-représentées dans les bases de données et les programmes d'échantillonnage existants.

## RÉFÉRENCES


Campbell, R. G., Wagner, M. M., Teegarden, G. J., Boudreau, C. A. and Durbin, E. G. (2001) Growth and development rates of the copepod *Calanus finmarchicus* reared in the laboratory. Mar. Ecol. Prog. Ser., 221: 161-183.

Castonguay, M., Plourde, S., Robert, D., Runge, J.A. et Fortier, L. 2008. Copepod production drives recruitment in a marine fish. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 65: 1528-1531.

Castonguay, M. et Valois, S. 2007. Zones d'importance écologique et biologique pour les poissons démersaux dans le nord du Golfe du St-Laurent. Sec. can. consult. sci. du MPO. Doc. Rech. 2007/014, 30 p.

Castonguay, M., de Lafontaine, Y. et Runge, J. A. (1998) Annual and spatial variability in zooplankton biomass and species composition, and in eggs and larvae of mackerel and cod in the southern Gulf of St. Lawrence between 1982 and 1991. Can. Data Rep. Fish. Aquat. Sci. 1035: v + 86 p.

Chabot, D., Rondeau, A., Surette, T., Sainte-Marie, B. et Archambault, P. 2007. Distribution des invertébrés benthiques dans l'estuaire et le golfe du Saint Laurent. Sec. can. consult. sci. du MPO. Doc. Rech. 2007/018, 118 pp.

de Lafontaine Y, Demers S, Runge J (1991) Pelagic food web interactions and productivity in the Gulf of St. Lawrence: A perspective. In: Therriault J-C (ed) The Gulf of St. Lawrence: Small Ocean or Big Estuary? Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 113: 99-123.

DFO, 2004. Identification of Ecologically and Biologically Significant Areas. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Ecosystem Status Report 2004/006.

Harvey, M, and L. Devine. 2007. Oceanographic conditions in the Estuary and the Gulf of St. Lawrence during 2006: zooplankton. DFO. Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2007/049, 36 pp.

Koutitonsky, V. G. and Bugden, G. L. (1991) The physical oceanography of the Gulf of St.Lawrence: a review with emphasis on the synoptic variability of the motion. In: Therriault J-C (ed) The Gulf of St. Lawrence: Small Ocean or Big Estuary? Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 113: 57-90.

Laprise, R. and Dodson, J. J. (1994) Environmental variability as a factor controlling spatial patterns in distribution and species diversity of zooplankton in the St. Lawrence Estuary. Mar. Ecol. Prog. Ser. 107: 67-81

Lavoie, D., Starr, M., Zakardjian, B., Larouche, P., and Saucier, F. 2007. Identification de zones d'importance écologique et biologique (ZIEB) pour l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent: production primaire. Sec. can. consult. sci. du MPO. Doc. Rech. 2007/079, 33 pp.

Le Fouest, V., Zakardjian, B., Saucier, F. J. and Cizmeli, S. A. (2006) Application of SeaWIFS- and AVHRR-derived data for mesoscale and regional validation of a 3-D high-

resolution physical-biological model of the Gulf of St. Lawrence (Canada). J. Mar. Syst., Vol. 60: 30-50.

Lesage, V., Gosselin, J.-F., Lawson, J., and Hammill, M.O. 2007. Zones d'importance écologique et biologique (ZIEB) pour l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent – une perspective des mammifères marins. Sec. can. consult. sci. du MPO. Doc. Rech. 2007/046, 96 pp.

Maps, F. (2009) Étude de la dynamique des populations de *Calanus finmarchicus* dans l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent. Thèse de doctorat, Université du Québec à Rimouski, avril 2009, 253 pp.

McQuinn, I.H., Reid, D., Berger, L., Diner, N., Heatley, D., Higginbottom, I., Andersen, L. N., Langeland, O. and Lapierre, J.-P. 2005. Description of the ICES HAC standard data exchange format, version 1.60. ICES CRR: 86 pp.

Nichols, J. H. and Thompson, A. B. (1991) Mesh selection of copepodite and nauplius stages of four calanoid copepod species. J. Plankton Res., 13, 661–671.

Ouellet, P., 2007. Contribution à l'identification de zones d'importance écologique et biologique (ZIEB) pour l'estuaire et le golfe du Saint-Laurent : La couche des oeufs et des larves de poissons et de crustacés décapodes. Sec. can. consult. sci. du MPO. Doc. Rech. 2007/011, 70 pp.

Plourde, S. and Runge, J.A. (1993). Reproduction of the planktonic copepod Calanus finmarchicus in the Lower St. Lawrence Estuary: relation to the cycle of phytoplankton production and evidence for a Calanus pump. Mar. Ecol. Prog. Ser. 102: 217-227.

Plourde, S., Joly, P., Runge, J.A., Zakardjian, B., Dodson, J.J. (2001) Life cycle of *Calanus finmarchicus* in the lower St. Lawrence Estuary: imprint of circulation and late phytoplankton bloom. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 58: 647-658.

Plourde, S., Dodson, J.J., Runge, J.A., Therriault, J.-C. (2002) Spatial and temporal variations in copepod community structure in the lower St. Lawrence Estuary, Canada. Mar. Ecol. Prog. Ser. 230: 221-224.

Plourde, S., Joly, P., Runge, J.A., Dodson, J.D., Zakardjian, B. (2003) Life cycle of *Calanus hyperboreus* in the lower St. Lawrence Estuary: is it coupled to local environmental conditions? Marine Ecology Progress Series 255: 219-233.

Ringuette, M., Castonguay, M., Runge, J. A. andGregoire, F. (2002) Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) recruitment fluctuations in relation to copepod production and juvenile growth. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 59: 646-656.

Runge, J. A. and Simard, Y. (1990) Zooplankton of the St. Lawrence Estuary: the imprint of physical processes on its composition and distribution. In: M. I. El-Sah, N. Silverberg (eds) Coastal and estuarine studies. Oceanography of a large-scale estuarine system: the St. Lawrence. Springer- Verlag, New-York, pp 298-320.

Runge, J. A., Castonguay, M., De Lafontaine, Y., Ringuette, M. and Beaulieu, J. L. (1999) Covariation in climate, zooplankton biomass and mackerel recruitment in the southern Gulf of St Lawrence. Fish. Oceanogr., 8: 139-149.

Saucier, F. J., Roy, F., Gilbert, D., Pellerin, P. and Ritchie, H. (2003) Modeling the formation and circulation processes of water masses and sea ice in the Gulf of St. Lawrence, Canada. J. Geophys. Res., 108: 3269, doi:3210.1029/2000JC000686.

Simard, Y., Sourisseau, M. (2009) Diel changes in acoustic and catch estimates of krill biomass, ICES J. Mar. Sci. 66 : 11318-1325.

Swain, D.P., and Benoît, F., 2007. Ecologically and biologically significant areas for demersal fishes in the southern Gulf of St. Lawrence. DFO. Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2007/012, 32 pp.

Zakardjian, B., Sheng, J., Runge, J. A., McLaren, I., Thompson, K. R., Gratton, Y., Plourde, S. (2003) Effects of temperature and circulation on the population dynamics of *Calanus finmarchicus* in the Gulf of St. Lawrence and Scotian Shelf : Linking a stage-based life-history model to a three-dimensional hydrodynamic model. Journal of Geophysical Research. 108 (C11), 8016, DOI 10.1029/2002JC001410.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions Michel Harvey, Patrick Ouellet, Jean-François St-Pierre et Jacques Plourde pour avoir rendu accessibles les données et les échantillons des différents projets d'échantillonnage. Nathalie Paille, Céline Duluc, Caroline Jolicoeur, Marie-Noëlle Bourassa, Daniel Baril et Frédéric Maps ont contribué à l'analyse des données et à la production des cartes de distributions. Patrick Ouellet et Martin Castonguay ont révisé ce rapport.

Tableau 1 : Type et importance des données et informations utilisés et zones d'intérêt (ZI) basées sur le zooplancton et la production secondaire dans le golfe du Saint-Laurent. x= absence de données mais supposée par connaissances (publications), **x**= suggéré par les données, **X**= indiqué clairement par les données. Cote : voir section Méthode (1 de 3).

| ZI | Caractéristiques | Type de données/information considéré | | | | | | Unicité | | Concentration | | Conséquence sur valeur adaptative | | Résilience | | Caractère naturel (sensible aux perturbations) | | Cote |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Mesozoo <1mm | Mesozoo >1mm | Macrozoo | Acoustique | Modèle bio-physique | Prod. Secondaire | Description | Poids | Description | Poids | Description | Poids | Description | Poids | Description | Poids | |
| **1.** Estuaire maritime | (1) Zone de convergence (accumulation) et (2) zone de remonté d'eau à la tête de chenaux | | X | X | X | X | x | Grande région profonde (Chenal Laurentien) et fortement influencée par (1) décharge d'eau douce du St-Laurent en surface et (2) advection vers l'amont des eaux profondes. La tête du Chenal Laurentien est un site important de remonté d'eau riche en élément nutritifs supportant une forte production primaire dans la région et dans l'ensemble du nord-ouest du GSL | 3 | Accumulation de fortes biomasses de mesozoo>1mm et macrozoo en automne et hiver et zone de forte production secondaire en été-automne | 3 | Zone de très forte production secondaire (production et recrutement) et d'accumulation durant la période d'hivernation en eaux profondes (CIF et atlantiques) des espèces mésozoo>1mm et potentiellement du macrozoo importante pour l'ensemble du GSL | 3 | Région présentant de fortes biomasses de zooplancton augmentant graduellement à l'automne et en hiver malgré des évidences montrant des variations interannuelles dans le niveau de biomasse et la dynamique, mais phénomène toujours présent | 2 | A part changement globaux (climat), peut d'impacts de l'activité humaine | 3 | 14 |
| **2.** Nord-ouest du GSL (ouest d'Anticosti) | (1) Zone de convergence (accumulation) et (2) de transport | | X | X | X | X | x | Grande gyre couplée au Courant de Gaspé (et estuaire maritime) couvrant une vaste région | 3 | Fortes concentrations du mesozoo>1mm et très forte production secondaire | 2 | Basé sur divers travaux de recherche incluant la modélisation, cette zone semble très importante pour la production (reproduction et recrutement) et le maintient (rétention) du mesozoo>1mm dans le nord-ouest du GSL et dans l'estuaire maritime | 3 | État très variable sur une échelle synoptique mais évidence pour un patron saisonnier récurrent (stabilité inter-annuelle?) | 2 | A part changement globaux (climat), peut d'impacts de l'activité humaine | 3 | 13 |
| **3.** Courant de Gaspé | Zone de convergence (accumulation) et transport | | x | | x | X | X | Jet côtier de grande échelle reliant le nord-ouest du GSL (incluant l'estuaire) et le centre et le sud-ouest du GSL | 3 | Biomasse plus faible que dans estuaire et nord-ouest (plus faible profondeur en général de part la nature côtière) mais forte production secondaire par mesozoo>1mm | 2 | Le Courant de Gaspé est important en tant que 'convoyeur' de la biomasse produite dans l'estuaire et/ou nord-ouest GSL vers les régions adjacentes du nord-ouest du GSL, sud-ouest GSL, et centre du GSL, contribuant de manière significative au patrons saisonnier et spatiaux de biomasse de zooplancton et de production secondaire dans ces régions. C'est également une région de forte production secondaire (reproduction et recrutement) | 3 | Présent en permanence mais variations synoptiques (temporelles et spatiales) et saisonnières | 2 | A part changement globaux (climat), peut d'impacts de l'activité humaine | 3 | 13 |

Tableau 1 : Type et importance des données et informations utilisés et zones d'intérêt (ZI) basées sur le zooplancton et la production secondaire dans le golfe du Saint-Laurent (suite, 2 de 3).

| ZI | Caractéristiques | Type de donnée/information considéré | | | | | | Unicité | | Concentration | | Conséquence sur valeur adaptative | | Résiliance | | Caractère naturel (sensible aux perturbations) | | Cote |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Mesozoo <1mm | Mesozoo >1mm | Macrozoo | Acoustique | Modèle bio-physique | Prod. Secondaire | Description | Poids | Description | Poids | Description | Poids | Description | Poids | Description | Poids | |
| **4.** Baie-des-Chaleurs et région côtière du sud-ouest du GSL (NB, IPE, NS) | (1) Zone de brassage maréal, et (2) zone de convergence (accumulation) | X | | | | | X | Region relativement 'unique' de part ces caractéristiques physiques (faible bathymétrie, température estivales élevées, mélange, etc..), son étendue et sa communauté de zooplancton dominée par mésozoo<1mm | 2 | Fortes concentrations du mesozoo<1mm et très forte production secondaire, mais biomasse relativement faible comparativement aux ZIBEs mésozoo>1mm et macrozoo | 2 | Centre de répartition spatiale de biomasse et de production secondaire du mésozoo<1mm dans l'ensemble du GSL | 3 | Même s'il y a des variations interannuelles dans la biomasses et la production, cette zone devrait être relativement constante car dominée par espèces neritiques 'résidentes' | 2 | À part changement globaux (climat), peut d'impacts de l'activité humaine | 3 | 12 |
| **5.** Zone de turbidité maximum (ZTM) dans estuaire moyen | (1) Zone de brassage maréal et (2) zone de convergence (rencontre eau douce-eau salée) | x | | x | | | x | Zone très importante pour la production secondaire et recrutement d'espèces (populations) de poisson propre à l'estuaire moyen | 3 | Très forte, représente une biomasse et productivité significative pour l'estuaire moyen | 2 | Zone de forte production secondaire et de très forte importance pour la productivité du zooplancton psr rspport à l'ensemble de l'estuaire moyen | 2 | Permanence de cette zone mais avec patron saisonnier, variations inter-annuelles, et oscillations mareales | 2 | À part changement globaux (climat), peut d'impacts de l'activité humaine | 3 | 12 |
| **6.** Région côtière de la pointe est de la péninsule Gaspésienne et entrée de la Baie-des-Chaleurs | (1) Caractéristique topographique et (2) zone de convergence | x | X | | X | X | x | Type de zone rencontré ailleurs dans le GSL, mais probablement très importante (voir Concentration) | 2 | Très forte, pourrait représenter une biomasse significative pour l'ensemble du GSL | 3 | Probablement faible. Considérant la composition du zooplancton dans cette zone et leur biologie en général, cette région semble un 'puit' servant à l'alimentation des niveau trophiques supérieurs (très forte mortalité du zooplancton dans cette zone) | 1 | Région présentant de fortes variations interannuelles dans la biomasse, mais phénomène toujours présent | 2 | À part changement globaux (climat), peut d'impacts de l'activité humaine | 3 | 11 |
| **7.** Région comprenant le Banc Orphelin, Banc de Bradelle et Vallée de Shediac (plume du courant de Gaspé) | Zone de convergence et transport (plume du courant de Gaspé) | | X | | X | X | x | Grande zone présentant de fréquamment de fortes biomasses de zooplancton provenant principalement de la région nord-ouest du GSL via le Courant de Gaspé | 2 | Forte biomasses de mésozoo>1mm, sur une grande étendue | 2 | Probablement faible. Considérant la composition du zooplancton dans cette zone et leur biologie en général, cette région semble un 'puit' servant à l'alimentation des niveau trophiques supérieurs (très forte mortalité du zooplancton dans cette zone) | 1 | Présence probablement 'saisonnière' (printemps à l'automne), résentant de fortes variations interannuelles dans la biomasse et l'étendue et 'position', mais phénomène toujours présent | 2 | À part changement globaux (climat), peut d'impacts de l'activité humaine | 3 | 10 |

Tableau 1 : Type et importance des données et informations utilisés et zones d'intérêt (ZI) basées sur le zooplancton et la production secondaire dans le golfe du Saint-Laurent (suite, 3 de 3).

| ZI | Caractéristiques | Type de donnée/information considéré | | | | | | Unicité | | Concentration | | Conséquence sur valeur adaptative | | Résilience | | Caractère naturel (sensible aux perturbations) | | Cote |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Mesozoo <1mm | Mesozoo >1mm | Macrozoo | Acoustique | Modèle bio-physique | Prod. Secondaire | Description | Poids | Description | Poids | Description | Poids | Description | Poids | Description | Poids | |
| **8.** Pente du Chenal Laurentien au nord du sud-ouest du GSL | Zone de convergence (méso-échelle) | | x | | X | x | x | Région présentant une forte production secondaire et des évidences de zones de forte biomasse de zooplancton de dimension variable très variable dans le temps et dans l'espace | 2 | Observations de zones de concentrations fortes de mésozoo>1mm pouvant être de fortes dimensions mais variables dans le temps et dans l'espace | 2 | Forte production secondaire et région potentiellement importante pour l'hivernation du zooplancton dans le centre du GSL | 2 | Basé sur simulation couplée bio-physique et données acoustiques, variations synoptiques mais très fréquent en été | 2 | À part changement globaux (climat), peut d'impacts de l'activité humaine | 3 | 11 |
| **9.** Pente de Chenal Esquiman (côté est) | Zone de convergence (méso-échelle) | | X | | X | x | X | Région présentant plusieurs zones de forte biomasse de zooplancton de dimension variable dans le temps et dans l'espace | 1 | Observations de zones de concentrations fortes de mésozoo>1mm pouvant être de fortes dimensions mais variables dans le temps et dans l'espace | 2 | Potentiel pour hivernation du zooplancton pouvant être important pour le zooplancton du nord-est du GSL | 2 | Basé sur simulation couplée bio-physique et données acoustiques, variations synoptiques mais très fréquent en été | 2 | À part changement globaux (climat), peut d'impacts de l'activité humaine | 3 | 10 |
| **10.** Pente du Chenal Anticosti (côté nord) | Zone de convergence (méso-échelle) | | | | X | x | | Région présentant plusieurs évidences de forte biomasse de zooplancton de dimension variable très variable dans le temps et dans l'espace | 1 | Observations de zones de concentrations fortes de mésozoo>1mm pouvant être de fortes dimensions mais variables dans le temps et dans l'espace | 2 | Potentiel pour hivernation du zooplancton pouvant être important pour le zooplancton du nord-est du GSL | 2 | Basé sur simulation couplée bio-physique et données acoustiques, variations synoptiques mais très fréquent en été | 2 | À part changement globaux (climat), peut d'impacts de l'activité humaine | 3 | 10 |
| **11.** Vallée du Cape Breton | (1) Caractéristique topographique et (2) zone de convergence | x | x | | X | X | x | Région de sortie des eaux sortant du sud-ouest du GSL, n'est pas unique dans le GSL mais semble importante pour au moins l'écosystème du sud-ouest du GSL | 2 | Bien que fragmentaire, l'information disponible suggère un potentiel pour de fortes biomasse de mésozoo>1mm | 1 | Probablement faible. Considérant la composition du zooplancton dans cette zone et leur biologie en général, cette région semble un 'puit' servant à l'alimentation des niveau trophiques supérieurs (très forte mortalité du zooplancton dans cette zone) | 1 | Zone ressortant dans les données utilisées, forte saisonnalité anticipéee, mais 'résilience' (présence inter-annuelle) peu connue | 2 | À part changement globaux (climat), peut d'impacts de l'activité humaine | 3 | 9 |
| **12.** Zone côtière de la moyenne et basse côte nord | Zone de remonté d'eau (upwelling) | | | | | X | | Régionprésentant plusieurs 'sites' d'upwelling et de forte production primaire principalement tard l'été et à l'automne (voir couche 'physique' et 'production primaire' | 1 | Relativement faible par rapport à l'ensemble du GSL, mais production secondaire significative à la fin été-automne | 1 | Zone de production secondaire (reproduction et recrutement) mais rôle probablement faible pour le zooplancton à l'échelle du GSL | 1 | Phénoméne récurrent en été et en automne | 2 | Effets cumulatifs potentiels du développement hydro-électrique? | 3 | 8 |

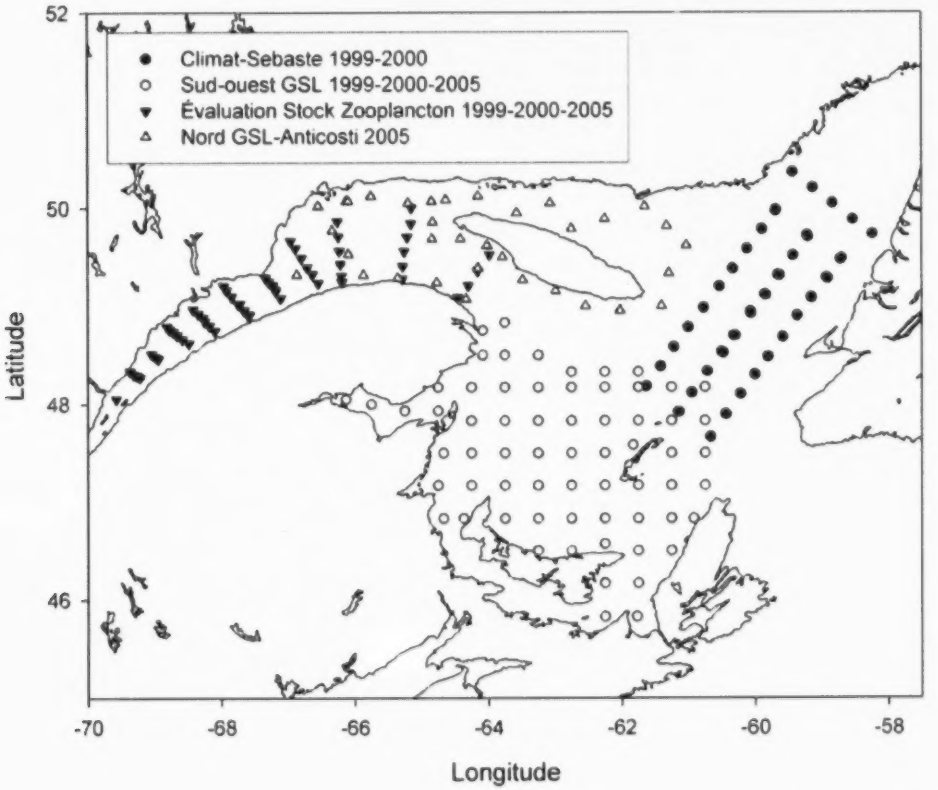


Figure 1 : Carte montrant la position des stations d'échantillonnage du zooplancton selon les différentes projets et opportunités d'échantillonnage.

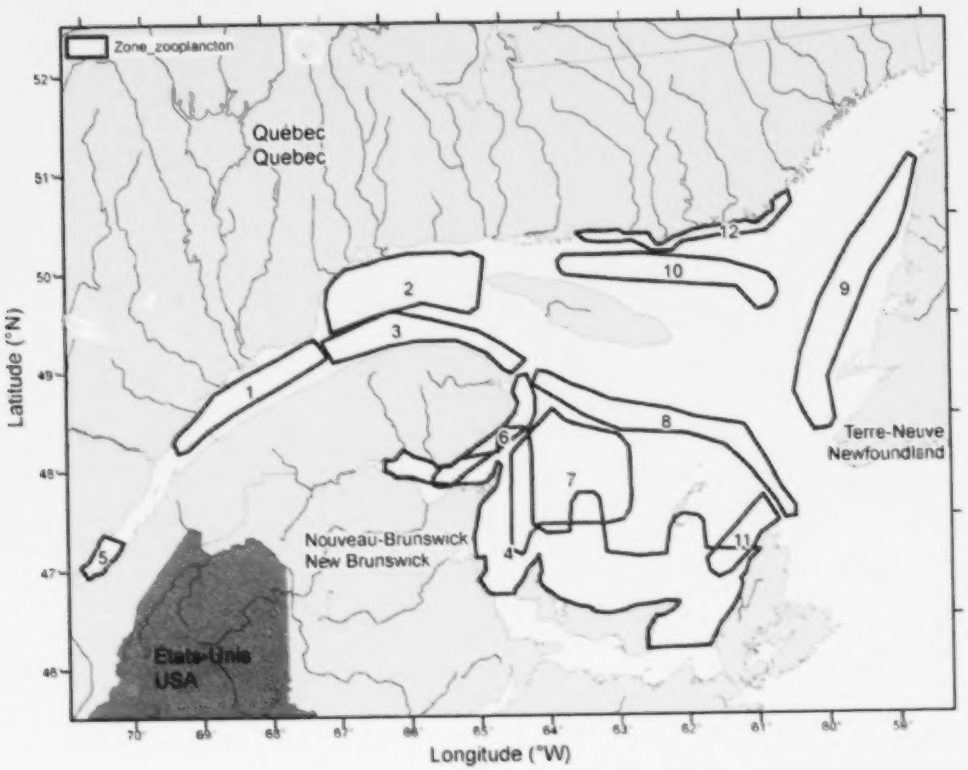


Figure 2 : Zones d'intérêt (ZI) identifiées pour le zooplancton et la production secondaire dans le golfe du Saint-Laurent.

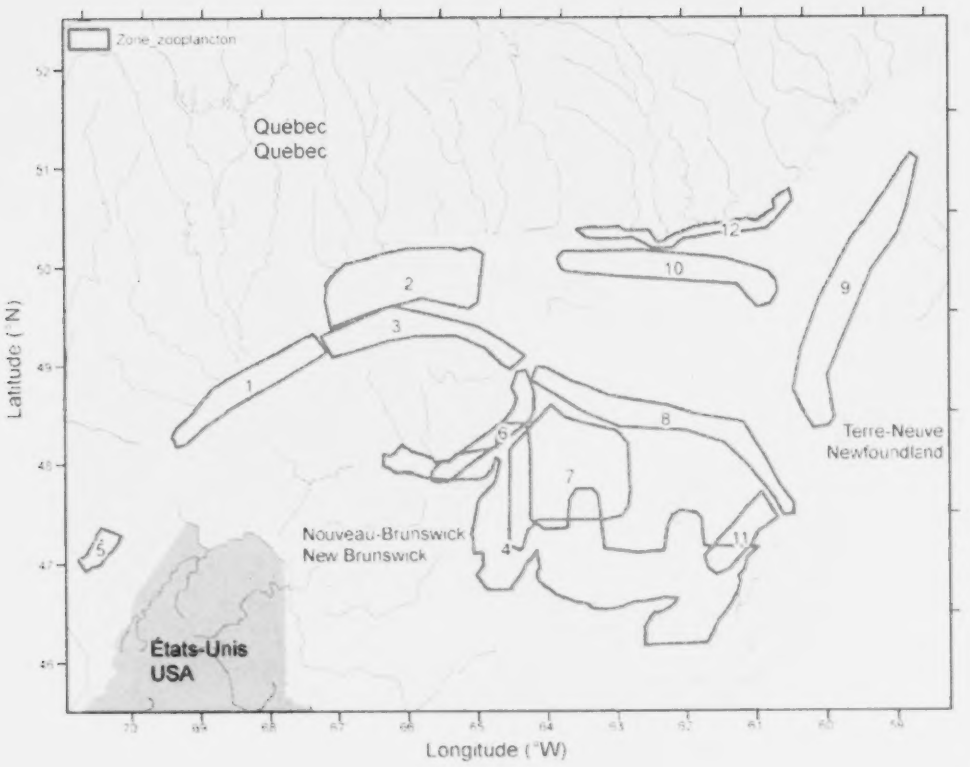


Figure 2 : Zones d'intérêt (ZI) identifiées pour le zooplancton et la production secondaire dans le golfe du Saint-Laurent.

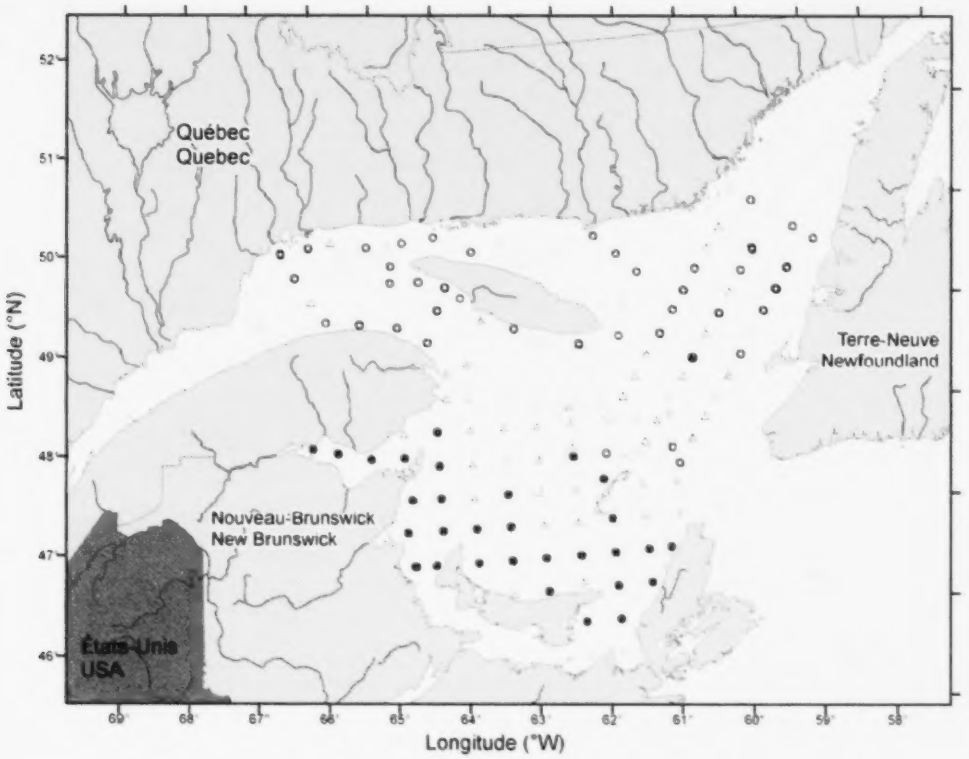


Figure 3 : Percentiles de la biomasse (g $m^{-2}$) du mézo-zooplancton <1 mm dans le golfe du Saint-Laurent; cercles blancs < 25%, triangles blancs 25-50%, triangles verts 50-75%, cercles rouges > 75%.

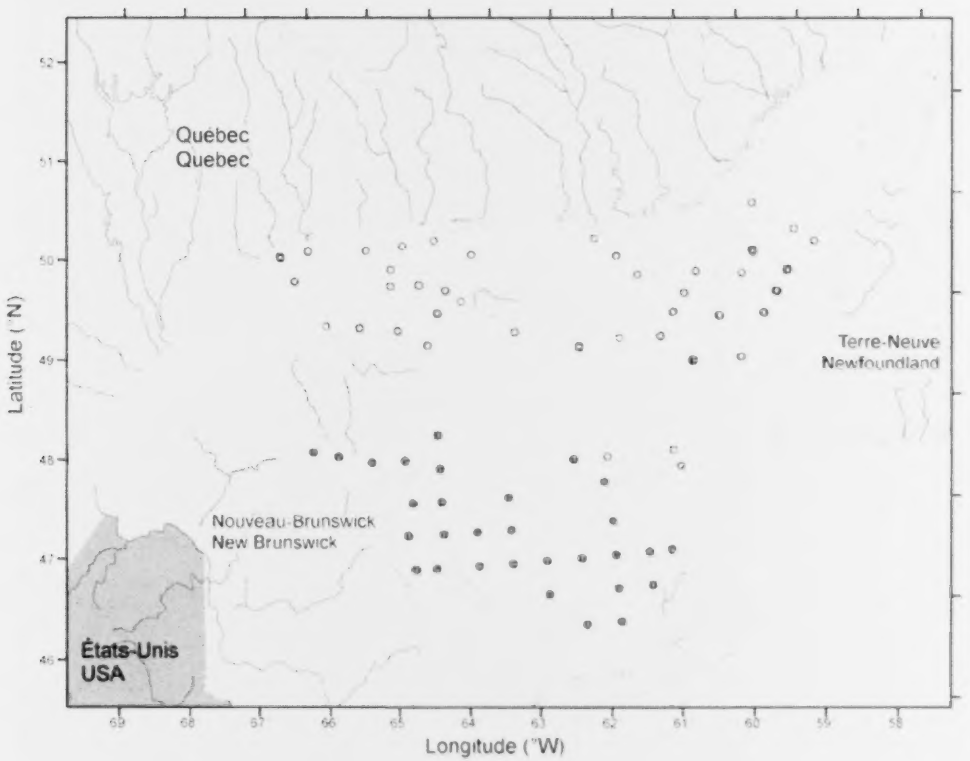


Figure 3 : Percentiles de la biomasse (g $m^{-2}$) du mézo-zooplancton <1 mm dans le golfe du Saint-Laurent; cercles blancs < 25%, triangles blancs 25-50%, triangles verts 50-75%, cercles rouges > 75%.

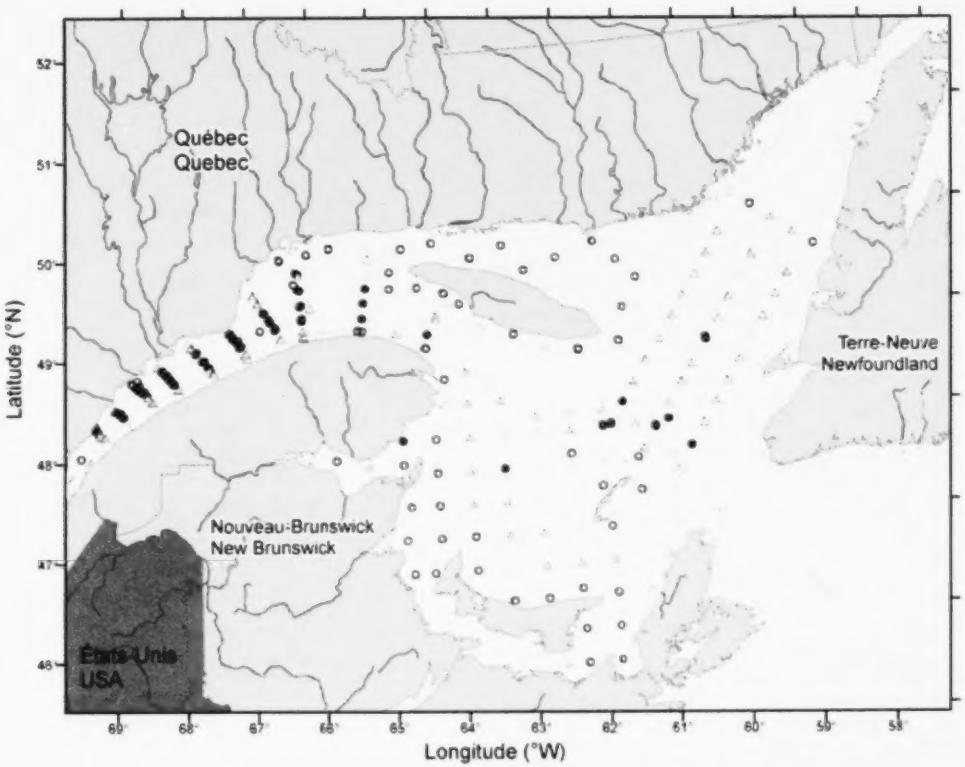


Figure 4 : Percentiles de la biomasse (g $m^{-2}$) du mézo-zooplancton >1 mm dans le golfe du Saint-Laurent; cercles blancs < 25%, triangles blancs 25-50%, triangles verts 50-75%, cercles rouges > 75%.

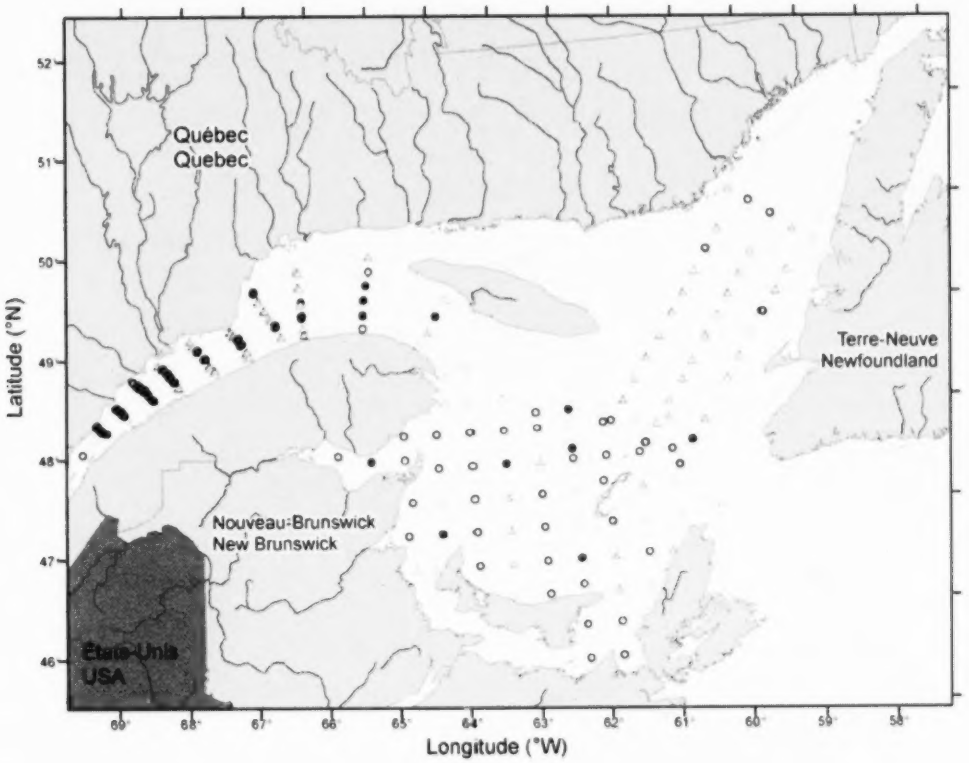


Figure 5 : Percentiles de la biomasse (g $m^{-2}$) du macro-zooplancton dans le golfe du Saint-Laurent; cercles blancs < 25%, triangles blancs 25-50%, triangles verts 50-75%, cercles rouges > 75%.

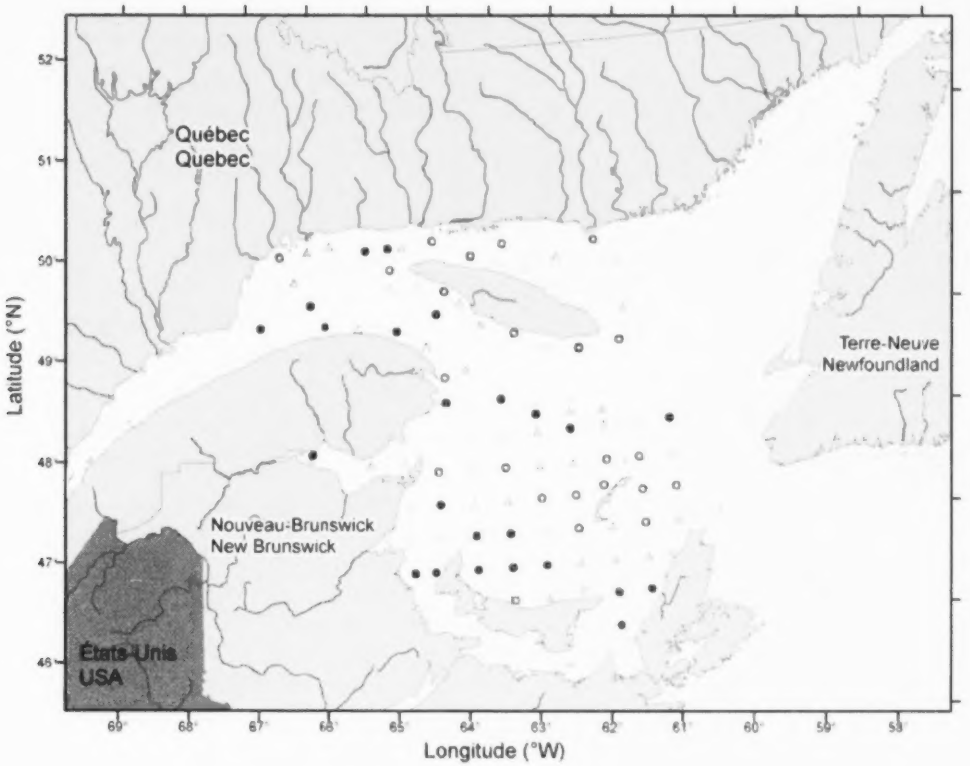


Figure 6 : Percentiles de la production d'œufs (indice de production secondaire) (g C $m^{-2}$ $j^{-1}$) des espèces dominantes de copépodes dans le golfe du Saint-Laurent; cercles blancs < 25%, triangles blancs 25-50%, triangles verts 50-75%, cercles rouges > 75%.

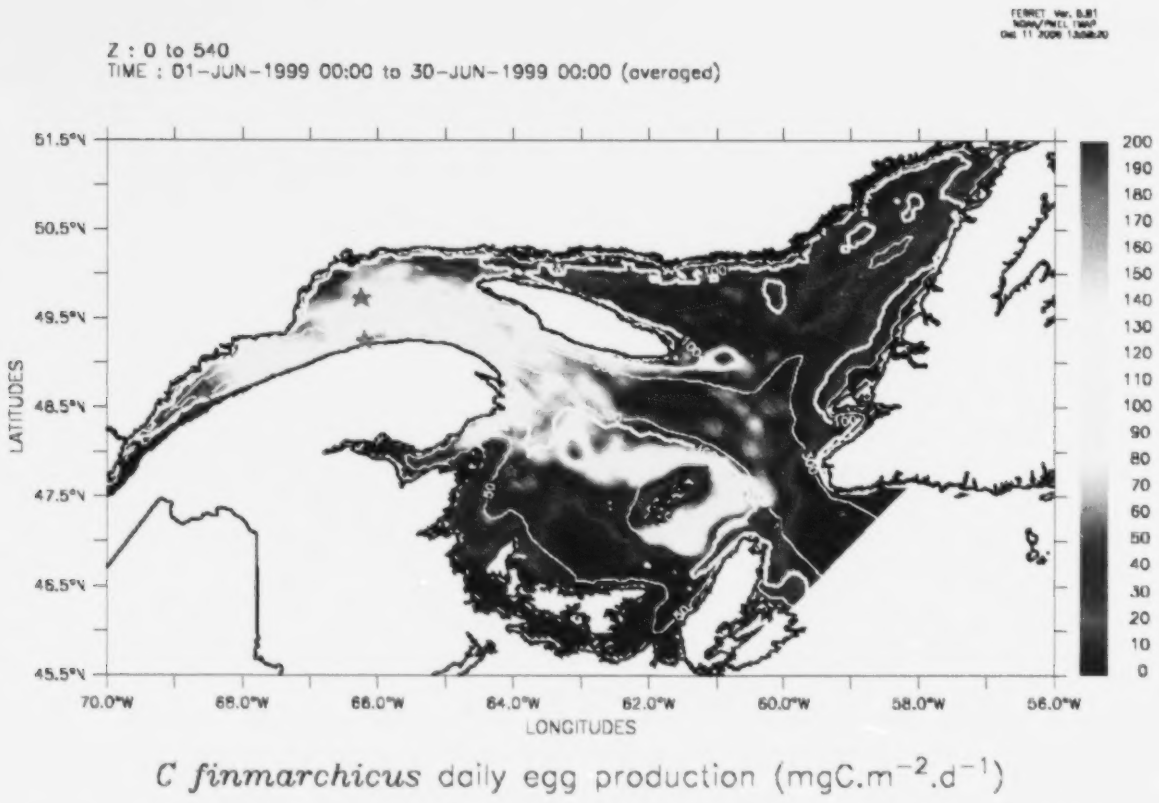


Figure 7 : Production d'oeufs (indice de production secondaire) moyenne de *Calanus finmarchicus* en juin 1999 dans le golfe du Saint-Laurent estimée à l'aide du modèle couplé biologique-physique en 3 dimensions.

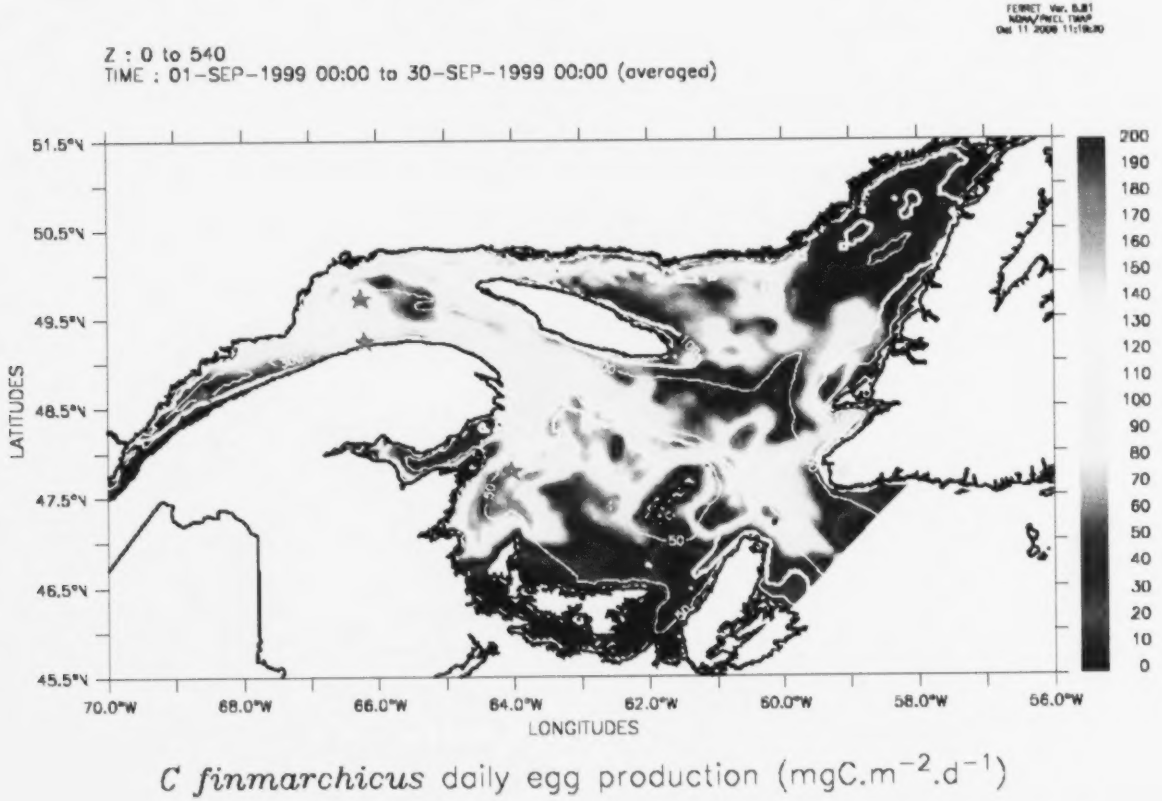


Figure 8 : Production d'oeufs (indice de production secondaire) moyenne de *Calanus finmarchicus* en septembre 1999 dans le golfe du Saint-Laurent estimée à l'aide du modèle couplé biologique-physique en 3 dimensions.

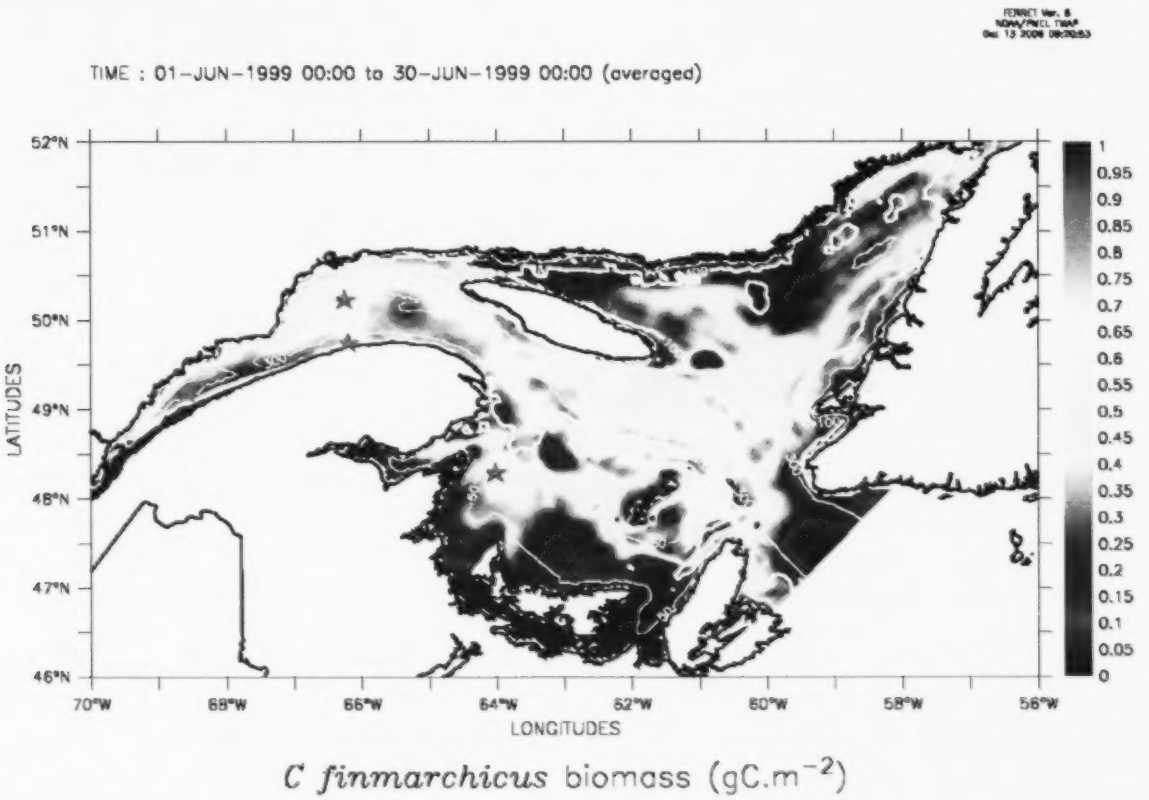


Figure 9 : Biomasse moyenne de *Calanus finmarchicus* en juin 1999 dans le golfe du Saint-Laurent estimée à l'aide du modèle couplé biologique-physique en 3 dimensions.

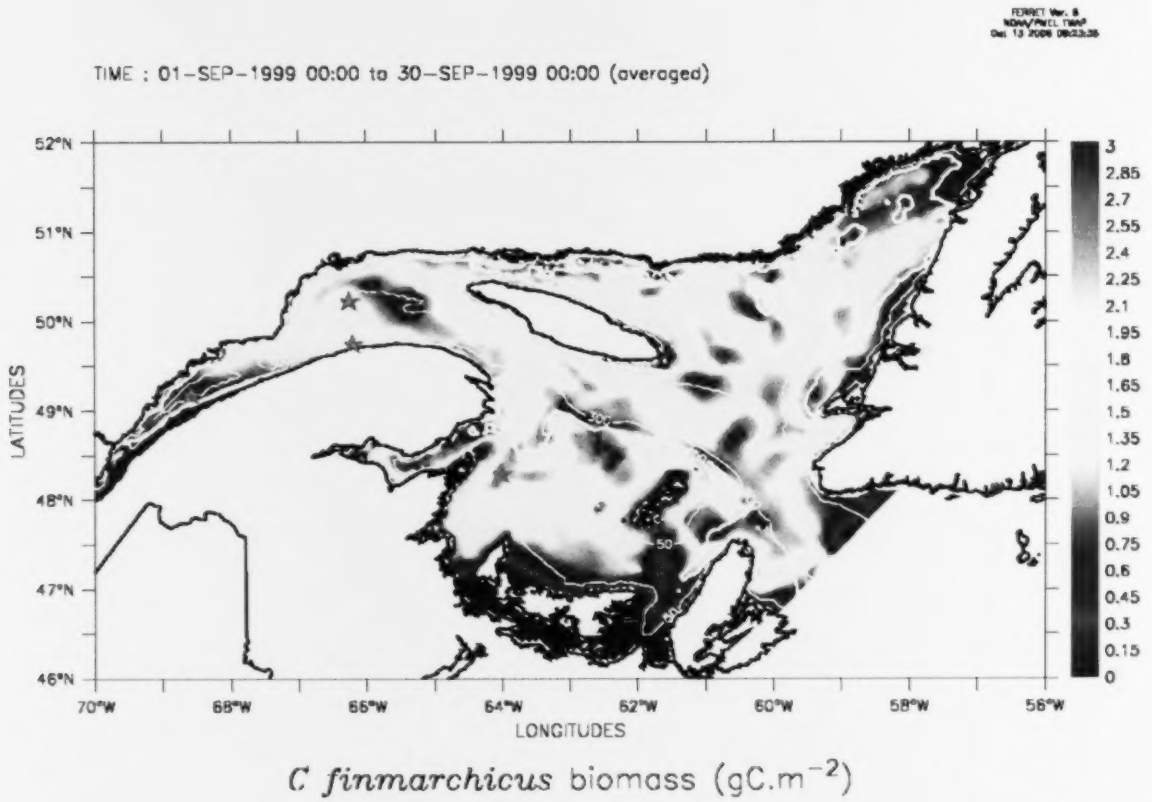


Figure 10 : Biomasse moyenne de *Calanus finmarchicus* en septembre 1999 dans le golfe du Saint-Laurent estimée à l'aide du modèle couplé biologique-physique en 3 dimensions.

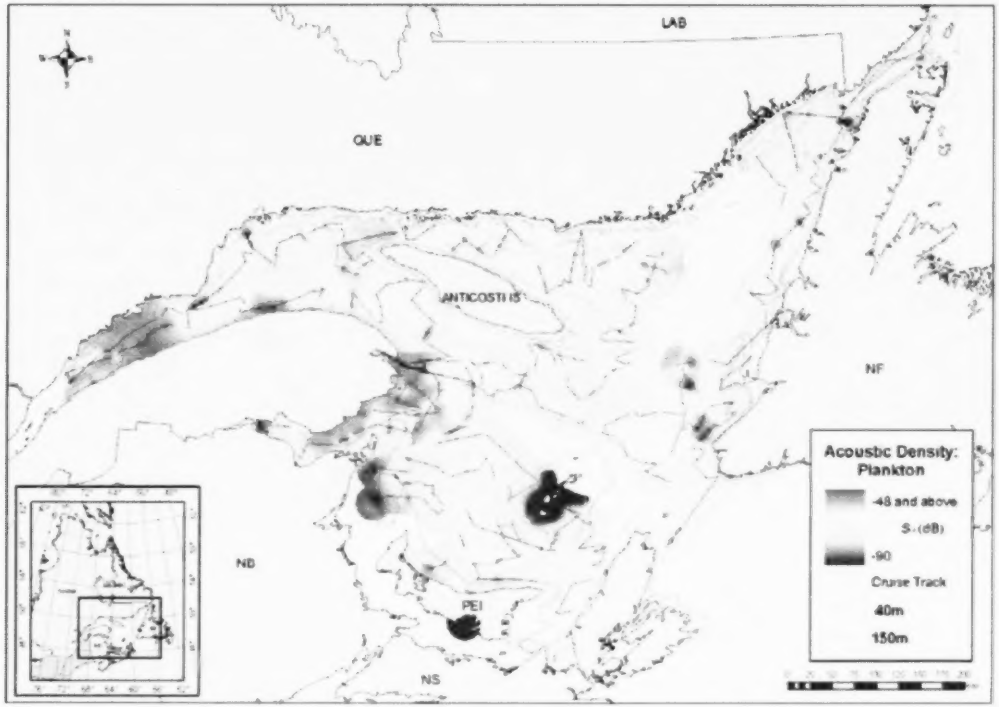


Figure 11 : Volume de rétrodiffusion acoustique ($Sv_{120-38}$) classifiés comme 'plancton' intégré verticalement sur la colonne d'eau (10-175 m) et exprimé par unité de surface (Sa en unité de dB selon une échelle log) en août (nord du GSL) et septembre (sud du GSL) 2005 dans le golfe du Saint-Laurent.